DISCORSO INAUGURALE

PER LA V RIUNIONE DELLA SOCIETÀ ITALIANA

PEL PROGRESSO DELLE SCIENZE

(Roma - 12 Ottobre 1911)

AUGUSTO RIGHI

LA NUOVA FISICA

BOLOGNA
NICOLA ZANICHELLI
1912

Eccellenze, Signore e Signori!

Nella Storia del pensiero umano la Fisica occupa un posto eminentissimo, e sembra destinata a conservarlo, quando si consideri l'influenza che ha esercitato, ed esercita ognora più, sullo sviluppo di molte altre scienze, e l'importanza sia pratica che filosofica dei risultati ai quali ha condotto. Essa stessa in questi ultimi anni si è poi con tale rapidità estesa e sviluppata, in seguito a ricerche ed esperienze, apparentemente di scarsa portata, ma in realtà d'importanza dominatrice, da provocare ammirazione e meraviglia.

Mi riferisco naturalmente alla Fisica pura, a quella scienza cioè che non troppo si ferma alle pratiche applicazioni dei suoi trovati, e non si cura dei vantaggi materiali, che possono derivarne per chi di quei trovati è autore, ma sopra ogni cosa si

propone il nobile compito di stabilire le grandi leggi che regolano i fenomeni del mondo inanimato, e di scoprirne una plausibile spiegazione; mi riferisco cioè a quella scienza, che merita la denominazione di Filosofia Naturale, con cui fu per molto tempo indicata, e viene ancora spesso designata specialmente in Inghilterra.

Sento bensì che queste mie parole d'apologia potranno essere forse tacciate di esagerazione, o quanto meno venire più benevolmente considerate come quelle di un innamorato, nel cui animo l'affetto soverchia la ragione. Ma se riescirò ad adempiere tollerabilmente bene al compito che mi si è proposto, che è quello di dare con un breve discorso una qualche idea chiara del nuovo e promettentissimo indirizzo assunto dalla Fisica, ad un uditorio di persone, dalla mente eletta e coltivata, ma che, nella grande maggioranza, di quella scienza non hanno fatto in modo speciale lo scopo dei loro studi, le mie parole saranno più equamente apprezzate e si riconoscerà, che esse hanno un gran fondamento di verità e di giustizia.

Il compito è grave e difficile, tanto che forse non basterà ad assolverlo degnamente ogni mia più

amorosa cura. Perciò non avrei dovuto accettarlo; ma vinsero la mia esitazione, il desiderio di onorare una scienza alla quale ho dedicato, sin da quando ebbi l'uso della ragione, ogni mia energia, non che la lunga e cortese insistenza dell'attuale Presidente di questa nostra Società, al quale mi lega da quasi un quarto di secolo la più cordiale amicizia.

Il mio non sarà un discorso elegante e fiorito, come forse vorrebbe l'uso in questa circostanza: dovrò infatti entrare in dettagli ed accennare a cose minute, o che tali parranno a qualcuno; ma ho davanti a me una meta determinata, e debbo scegliere la via migliore per raggiungerla, sacrificando tutto alla brevità e alla chiarezza.

***

L'epoca degli ipotetici fluidi, immaginati ed ammessi quali substrato dei fenomeni fisici, è già da noi lontanissima, ed è ormai lontana anche la teoria ondulatoria nella forma datale da Fresnel, mediante la quale, bandito il fluido luminoso, si diede una spiegazione mirabilmente completa ed armonica dei fenomeni delle radiazioni. Adesso su

questo campo impera la teoria elettromagnetica della luce, in gran parte dovuta al genio del Maxwell, secondo la quale quei fenomeni si riducono in fondo a fenomeni elettrici. Essa si è imposta poco a poco, e alla fine si è affermata, quando Hertz con esperienze semplici ed ingegnose ha dato ad essa una salda base sperimentale. Altri continuando l'opera di questo grande fisico, prematuramente tolto all'esistenza, l'hanno consolidata e resa di più facile comprensione, dimostrando con svariati esperimenti come ogni fatto dell'Ottica, o relativo alle radiazioni calorifiche in genere, possa imitarsi e riprodursi fedelmente per mezzo di oscillazioni elettriche abbastanza rapide, ossia di brevi correnti rapidamente e regolarmente alternate. Oscillazioni di tal genere sono, per esempio, quelle che costituiscono in certi casi la scarica d'un condensatore, che può ottenersi, come tutti sanno, stabilendo una comunicazione fra le sue armature cariche oppostamente.

Tali esperienze confermarono in modo ineccepibile quanto eletti ingegni avevano intuito, e cioè che le forze elettriche e magnetiche non sono, come per lungo tempo si suppose, forze agenti istanta-

neamente a distanza, ma bensì la manifestazione di forze interne di quell'etere universale, la cui esistenza è dimostrata necessaria, perchè si possa render conto di un gran numero di fatti, le quali forze si trasmettono non istantaneamente, ma colla velocità di circa trecentomila chilometri al secondo.

L'ente elettricità, insieme all'ente materia e all'etere, potevano dunque porsi a base d'una spiegazione generale dei fenomeni del mondo fisico.

Giova a questo punto rilevare, come quelle tre entità fondamentali siano state generalmente considerate sempre con una certa parzialità. Infatti ognuno senza sforzo ammette come la cosa più ovvia e naturale l'esistenza della materia, la considera insomma come cosa notoria, mentre invece non ammette senza opportune giustificazioni l'etere e l'elettricità, che considera anzi come entità di natura assolutamente misteriosa. Ma, per poco che attentamente si rifletta, si arriva a comprendere, che l'essenza della materia colla sua caratteristica proprietà della inerzia rimane misteriosa anch'essa, non meno forse di quelle dell'etere o della elettricità; di guisa che la spiegazione generale dei fatti si basa su tre entità, di cui ci sfugge

e forse eternamente ci sfuggirà l'intima comprensione.

Sino a pochi anni fa questi in succinto erano i concetti fondamentali della Filosofia Naturale, direttamente risultanti dalle ricerche dei fisici, e costituenti col loro complesso una grande ipotesi o teoria derivata dai fatti sino ad allora conosciuti.

E qui è duopo si sappia, che non acquista nella Fisica diritto di cittadinanza una ipotesi generale, fra le tante che una fervida ma colta e disciplinata fantasia può suggerire, se essa non è in perfetto accordo, anche in senso quantitativo, con tutti quanti i fatti per la cui spiegazione fu ideata, e se, messa alla prova, non si è mostrata atta a far prevedere fatti nuovi, che poi l'esperienza abbia confermato in modo preciso. Non mancano esempi istruttivi di previsioni teoriche splendidamente confermate da esperienze. Basti il citare quello classico della rifrazione conica, che i calcoli mostrarono prima dell'esperimento; fatto questo che fa riscontro ad uno ben noto nel campo dell'Astronomia, e cioè la scoperta del pianeta Nettuno, scorto, per così dire, nelle formole prima che nel campo del telescopio.

Come si vede, i fenomeni elettrici, ultimi venuti

ad arricchire ed estendere il dominio della Fisica, hanno assunto un' importanza preponderante.

Nessuno può nè potè mai spiegarli facendo intervenire solo la materia e l'etere. Anche dopo l'avvento della teoria elettromagnetica della luce fu giuocoforza dunque parlare di elettricità come di cosa distinta, qualche volta sfuggendo l'occasione di definirla, oppure, con maggiore sincerità, continuando a considerarla, come ai tempi delle prime scoperte elettriche, quale fluido imponderabile di natura sconosciuta.

Orbene, da qualche anno in qua si è rapidamente compiuta una serie di nuove scoperte le quali, pur senza intaccare menomamente la validità delle leggi già stabilite, hanno impresso un nuovo indirizzo alla scienza nostra. In base a ricerche sperimentali e ad intuizioni sagaci e fortunate, dovute ad una costellazione di fisici fra cui brillano il Thomson di Cambridge ed il Lorentz di Leyda come stelle di prima grandezza, non che in base alla giusta interpretazione data a certe esperienze anteriori, delle quali non si era afferrata da tutti l'intrinseca importanza, si è dovuto ammettere, che l'elettricità non può più considerarsi come un fluido continuo,

ma invece devesi imaginare costituita di minutissime particelle, cui si dà oggi il nome di *elettroni*. In altre parole bisogna ammettere per la elettricità una struttura discontinua simile a quella ammessa per la materia ponderabile.

Nè a ciò si limita la grande evoluzione compiutasi. Infatti, alcuni concetti considerati sempre in passato come intangibili sono rimasti profondamente scossi o vulnerati, come l'indivisibilità dell'atomo, e l'impossibilità di trasformare un dato atomo in un altro chimicamente diverso od almeno di ricavare l'uno dall'altro, ossia l'eterna immutabilità degli atomi stessi.

A tanto si è arrivati seguendo spesso un metodo d'investigazione, che in passato ebbe più avversari che seguaci.

Trenta o quarant'anni fa e specialmente nell'orgoglio della conquista del grande principio della conservazione dell'energia, si dava generalmente scarsa importanza alle ipotesi scientifiche, colle quali si cercava da taluno di dare soddisfazione al bisogno istintivo, che l'uomo risente, di conoscere le cause prime dei fatti ai quali assiste, e l'attività dei fisici più eminenti era principalmente rivolta a rigorosis-

sime e pazienti misure, all'accertamento sempre più preciso dei valori numerici di certe costanti, alla ricerca e allo studio dei fenomeni di dettaglio, o tutto al più ad inventare metodi sperimentali atti a recare decisione sicura di scelta fra ipotesi antagoniste. Forse solo nel proprio intimo ciascuno profittava dell'immensa utilità che presentano le buone ipotesi per ispirare ricerche nuove; ma dopo averne in tal modo ricavato qualche vantaggio, di esse più non si parlava, o se ne faceva cenno soltanto come di semplici *modelli* artificiosi, non senza affettare una certa aria di superiorità rispetto a coloro, che attribuivano ad esse un valore filosofico.

Oggi invece comincia a preferirsi da molti un metodo d'indagine, che potrà da taluno dirsi meno severo, ma è indubbiamente più geniale e più proficuo. Non si rifugge più con tanto orrore dalle ipotesi esplicative, e si fa più largo uso, senza esagerate diffidenze, dell'intuito e della immaginazione. Sono armi preziose queste, le quali, se riescono inefficaci o perniciose per chi non ha speciale perizia e grande prudenza, maneggiate da chi possiede insieme a queste doti anche larghe vedute,

danno risultati d'alto valore, come appunto è accaduto in quest'ultima decina d'anni.

Non potrei in poco tempo fare una rassegna storica completa delle ultime scoperte, e perciò mi limiterò ad un rapido cenno delle più importanti.

***

Sono assai note, anche a chi non ne coltiva lo studio, le scariche elettriche nelle varie loro forme, che vanno dalla brillante e rumorosa scintilla all'illuminarsi silenzioso di un gas rarefatto, o potrei dire, uscendo dal laboratorio del fisico, dalla folgore terribile ed imponente alla placida aurora polare. È pure nota la differenza d'aspetto che offre quasi sempre la luce della scarica fra l'una e l'altra delle sue estremità, ossia in vicinanza dell'uno o dell'altro dei due *elettrodi*, come chiamansi appunto i due conduttori fra i quali essa si produce.

Le esperienze sulle scariche, sempre affascinanti, sono generalmente di un grande interesse scientifico; tuttavia, quando più di mezzo secolo fa l'eminente fisico tedesco Plücker osservò in prossimità del *catodo* o elettrodo negativo un nuovo

fenomeno, e precisamente vide diventare luminosa la parete del tubo contenente il gas rarefatto in cui produceva le scariche, nessuno avrebbe previsto le conseguenze di capitale importanza, che da quella esperienza si sarebbero tratte.

Un altro abile sperimentatore, Hittorf, qualche anno dopo ebbe a riconoscere, che la brillante luminosità del vetro osservata dal suo maestro era eccitata da raggi rettilinei invisibili partenti dal catodo, chiamati poi ***raggi catodici***, giacchè un oggetto posto fra il catodo e la parete proiettava su questo la propria ombra.

Il fenomeno non aveva molto attirato l'attenzione dei fisici, quando più tardi il Crookes lo riscontrò nuovamente, lo riprodusse in forme svariate ed oltremodo ingegnose e brillanti, lo studiò a fondo, e propose per ispiegarlo la sua ipotesi della ***materia radiante.*** Secondo tale ipotesi che, combattuta e messa per qualche tempo in disparte dalla grande maggioranza dei fisici, ha oggi trionfato in ciò che in sè contiene di essenziale, i raggi catodici si considerano costituiti dal movimento di particelle materiali elettrizzate negativamente, lanciate con enorme velocità dal catodo in dire-

zioni perpendicolari alla sua superficie. Urtando i corpi esse ne provocano in molti casi una luminosità, e sempre li riscaldano in seguito al trasformarsi in calore di parte della loro energia di moto. Sono esse che nelle stesse circostanze dànno luogo alla emissione per parte dei corpi da esse colpiti di quei famosi raggi scoperti del Röntgen, i cui singolari e spesso preziosi effetti non v' ha oggi chi non conosca. È a quelle particelle, infine, che si deve il fenomeno d' ombra osservato da Hittorf, sempre chiamato poscia fenomeno *dell' ombra elettrica*, che si produce, com' è naturale, quando un ostacolo qualunque impedisce a parte di esse di raggiungere la parete del tubo, o più generalmente una lastra opportunamente collocata, sulla quale con speciali artifici, generalmente di indole elettrica, si mette in evidenza la formazione dell' ombra.

Se non che Hertz constatò, che i raggi catodici possono attraversare lamine sottili di metallo. Ciò parve costituire una insormontabile obbiezione contro l' ipotesi di Crookes, e per conseguenza si formulò, veramente in modo piuttosto vago, una ipotesi nuova, secondo la quale si considerarono i raggi catodici, se non come raggi luminosi addi-

rittura, almeno come costituenti un fenomeno di natura analoga, propagato dall'etere come se si trattasse delle onde luminose.

Oggi, e cioè da che si conoscono i fenomeni radioattivi, quell'obbiezione ha perduto ogni suo valore; ma sta di fatto, che l'ipotesi nuova venne generalmente preferita, tanto che durante molti anni non si sarebbe riesciti a trovare in tutto il mondo più di tre o quattro fisici che accordassero ancora all'ipotesi di Crookes la loro piena fiducia.

Fra questi pochi chi in questo momento ha l'alto onore d'intrattenervi, studiò a lungo un fenomeno simile a quello dei raggi catodici, che in certe condizioni si produce, non più in un gas estremamente rarefatto, ma nei gas ad elevata pressione, per esempio nella libera atmosfera, e dimostrò, che in tale caso l'ombra elettrica che si produce è dovuta indubbiamente a particelle elettrizzate in moto sotto l'impero delle forze elettriche, e si produce ogniqualvolta un ostacolo arresti parte di esse. Secondo me quelle particelle erano, ed oggi tutti ritengono che effettivamente siano, atomi o gruppi atomici elettrizzati tolti dal gas in cui si effettua l'esperienza. Esse dovevano seguire sensibilmente nel loro moto

quelle certe linee, generalmente curve, che diconsi linee di forza; ciò che opportune esperienze confermarono pienamente.

Queste esperienze costituivano, non fosse altro che in forza d'analogia, un sostegno per l'ipotesi di Crookes; e poichè assai costa generalmente il dover rinunciare ad una opinione da tempo con tranquillità professata, non si tardò a formulare una obbiezione. Si affacciò diffatti il dubbio, che fossero le innumerevoli e minutissime particelle solide sempre sospese nella nostra atmosfera, le quali compissero l'ufficio da me attribuito a molecole od atomi elettrizzati.

A vincere l'obbiezione bastava far vedere, che l'esperienza dell'ombra elettrica riesce perfettamente anche quando il gas o l'aria entro cui viene effettuata siano stati in qualche modo, per esempio per filtrazione, depurati da ogni pulviscolo. Ma l'opinione mia era in me saldissima, e non rimase scossa; tanto che da quell'epoca lontana sino al presente l'idea, che la propagazione dell'elettricità attraverso i gas sia un fenomeno di trasporto operato da particelle materiali elettrizzate messe in moto dalla forza elettrica, ispirò la maggior

parte delle mie ricerche sperimentali, le quali diedero tutte sempre i risultati previsti o prevedibili.

Intanto un giovane e valente fisico francese, il Perrin, dimostrò, che realmente i raggi catodici trasportano elettricità negativa. Altri verificarono poscia o avevano già verificato, che essi mutano forma divenendo curvilinei allorchè si espongono all'azione di forze elettriche e magnetiche, separatamente o insieme. Tutti questi fenomeni accadevano esattamente nel modo che l'ipotesi di Crookes faceva prevedere a norma delle leggi dell'elettromagnetismo, mentre rimanevano inesplicabili dal punto di vista dell'ipotesi avversaria. Infine il Thomson riescì con metodi vari, fra loro concordanti però nei risultati, non solo a valutare la quantità di elettricità trasportata da ogni singola particella, ma a determinarne altresì la massa e la velocità da cui è animata.

I risultati raggiunti rischiararono di una luce vivissima la questione relativa alla natura dei raggi catodici.

Infatti, la velocità delle particelle risultò bensì grandissima, ma indubbiamente minore della velocità della luce, con che restava invalidata l'ipotesi anta-

gonista a quella di Crookes. Ed il risultato relativo alla massa fu anche più suggestivo, giacchè si trovò un valore inaspettatamente piccolo, cioè poco più della duemillesima parte della massa atomica dell'idrogeno. Si constatò in pari tempo che questo valore della massa di ogni particella è indipendente dalle condizioni sperimentali (natura e pressione del gas in cui si producono i raggi catodici, natura degli elettrodi ecc.).

Quelle particelle non potevano essere dunque atomi e tanto meno molecole d'uno dei corpi conosciuti. Si trattava forse di un nuovo elemento chimico, di peso atomico considerevolmente minore di quelli degli elementi conosciuti? E come mai in tal caso la nuova sostanza si formerebbe nel seno di qualsiasi gas, e in presenza di qualunque metallo adoperato per costruire gli elettrodi?

Guai per la scienza se di fronte a simile enigma i fisici, per timidezza ed esagerata prudenza, non avessero raccolta l'ispirazione del loro intuito. Fortunatamente non fu così, giacchè subito sorse invece, probabilmente allo stesso istante nella mente di molti, l'ardita ipotesi, che identifica quelle particelle all'elettricità. Ecco come.

Si sa che in virtù delle leggi dell'elettromagnetismo, quando un corpo elettrizzato è in moto, esso sembra possedere una inerzia maggiore di quella che presenterebbe qualora fosse scarico, e perciò una massa superiore al vero. Anzi, questa parte apparente della massa è tanto più grande quanto maggiore è la velocità del corpo. Ne consegue, che imaginando nulla la massa primitiva, e cioè prendendo a considerare il movimento di una semplice carica elettrica, questa mostrerà una massa apparente, e così simulerà l'inerzia, cioè la proprietà caratteristica della materia. È perciò naturalismo il pensare, che le particelle costituenti i raggi catodici altro non siano che particelle di elettricità, anzi di elettricità negativa, ossia elettroni, i quali per essere in movimento si comportano come se possedessero una certa inerzia, ossia come se ciascuno di essi fosse congiunto ad una particella piccolissima di ordinaria materia. È in tal maniera che si è pervenuti al nuovo concetto, secondo il quale non si considera più l'elettricità come un fluido continuo, ma gli si attribuisce invece una discontinuità analoga a quella della materia ponderabile.

L' ipotesi apparve tosto così soddisfacente, che non si tardò a muovere un nuovo passo sulla stessa via coll' ammettere, che gli atomi materiali altro non siano che sistemi d'elettroni, ossia che l'inerzia degli atomi altro non sia che l'inerzia apparente o elettromagnetica degli elettroni di cui sono costituiti. Un atomo neutro non sarà altro allora che un sistema costituito da un certo numero di elettroni negativi e da un egual numero di elettroni positivi. Ma vi sono gravi motivi pei quali sembra preferibile ammettere, che la parte positiva di un atomo costituisca un complesso a sè, specie di grande elettrone positivo, entro cui trovansi gli elettroni negativi, animati da rapide traslazioni analoghe a quelle dei pianeti di un sistema solare.

Si osserverà giustamente, che questa specificazione della struttura atomica esce dai limiti della prudenza scientifica, non sembrando essa sufficientemente giustificata.

Effettivamente, mentre l' ipotesi della natura elettrica della materia assurge a concetto filosofico fondamentale, l' ipotesi di quella speciale struttura degli atomi, per quanto suffragata da molte conferme indirette, viene ancora da qualcuno accettata

soltanto a titolo di un mezzo d'ispirazione per ricerche future. Del pari, sembrerà a qualcuno che si proceda arbitrariamente coll'attribuire agli elettroni negativi una importanza preponderante. Ma ciò viene suggerito, direi quasi imposto, da fatti ben constatati. Per esempio, non si è mai dimostrato, per quanti tentativi siansi fatti in proposito, l'esistenza indipendente di elettroni positivi analoghi a quelli negativi costituenti i raggi catodici. D'altra parte il fenomeno megneto-ottico scoperto qualche anno fa da Zeeman, che non potrei qui in poche parole descrivervi in modo chiaro e completo, in virtù del quale ad ogni luce semplice emessa da un gas vengono sostituite altre luci di diverso periodo vibratorio, allorchè si fa agire su di esso una intensa forza magnetica, si spiega correttamente soltanto ammettendo, che l'emissione della luce da un gas luminoso si debba a vibrazioni di elettroni negativi e non di elettroni positivi.

In conseguenza di ciò si è contratta l'abitudine, di indicare senz'altro col solo vocabolo di elettroni, gli elettroni negativi, almeno sinchè non si dia speciale indicazione contraria.

***

Una volta in tal modo chiarita la natura dei raggi catodici, si è potuto comprendere nelle sue linee generali il modo nel quale si compie la trasmissione dell'elettricità in ogni specie di corpi, e particolarmente negli aeriformi. Per questi ultimi, la varietà grandissima nei fenomeni, sempre pieni d'interesse e spesso assai brillanti, era tale, da sfidare l'acume dei fisici, che si sforzavano di coordinarli e spiegarli in modo semplice e soddisfacente, mentre invece si possedevano già nozioni abbastanza complete sulla trasmissione della corrente nei liquidi.

Si sapeva da tempo, o almeno si credeva come tuttora fermamente si crede, che nel caso delle soluzioni la conduzione dell'elettricità sia conseguenza del moto impresso dalla forza elettrica a quegli atomi o gruppi atomici elettrizzati, ai quali il grande Faraday diede il nome di ***ioni***. Le leggi della decomposizione del liquido che accompagna la trasmissione della corrente, ossia le leggi della ***elettrolisi***, portarono logicamente ed inevitabilmente

a far ritenere, che ogni molecola del sale disciolto o fuso, e in generale d' un qualunque liquido capace di elettrolisi, sia la riunione di due atomi o gruppi atomici di diversa natura chimica ed oppostamente elettrizzati, ossia di due ioni di segno contrario. Si ritiene altresì, che in causa delle incessanti collisioni molecolari inevitabili (giacchè le molecole sono animate da moti la cui energia è ciò che chiamasi calore contenuto nel corpo) continuamente accada, che alcune molecole vengano scisse nei loro ioni, mentre ioni liberi di opposto segno incontrandosi ricostituiscano nuove molecole, con chè si avrà uno stato di cose permanente e la continua presenza di ioni liberi. Si concepisce in tal modo facilmente, come il fenomeno della corrente elettrica si debba al trasporto di elettricità effettuato dai ioni, sospinti dalle forze elettriche verso l'uno o l'altro dei due elettrodi.

Da tempo s'intuiva, che anche nel caso dei gas avvenisse un analogo processo, ossia che anche in questi corpi l'elettricità venisse trasportata da ioni; ma questo modo di vedere non venne per molto tempo benevolmente accolto. E forse la ragione fu questa, e cioè che non si capiva come

e perchè potessero esistere in un gas chimicamente semplice certe molecole o certi atomi con cariche positive, ed altri invece, quantunque identici, con cariche negative. La difficoltà sparì d'un tratto al sorgere della teoria degli elettroni. Infatti, si comprese subito come potessero generarsi quei ioni, quando, in seguito alle collisioni atomiche, un atomo perde uno o più elettroni, oppure riesce a catturarne di quelli rimasti momentaneamente liberi. Si prevede anzi, che intorno a tali ioni primitivi possano raggrupparsi restando attratti più o meno stabilmente atomi e molecole in numero più o meno considerevole, e in tal modo si generino quelle particelle elettrizzate di massa assai grande, di cui si è in più circostanze constatata l'esistenza.

Giacchè per creare un ione positivo è necessario togliere ad un atomo almeno uno dei suoi elettroni, la *ionizzazione* di un gas, vale a dire la trasformazione in ioni di parte delle sue molecole, in virtù della quale esso acquista la proprietà conduttrice, richiede l'impiego d'una certa quantità d'energia, e precisamente tanta quanta ne occorre per vincere le forze, che tendono a trattenere ogni elettrone che si libera, nell'atomo di cui fa

parte. Tale energia è generalmente tratta da quella che possiede la particella urtante in virtù del proprio movimento, se la sua velocità è sufficiente; ma può essere anche fornita da sorgenti esterne di energia. Gli è così, che un grande aumento di temperatura, ossia l'introduzione di una certa quantità d'energia calorifica, può aver per effetto la ionizzazione del gas, e che lo stesso risultato può ottenersi mandando attraverso l'aeriforme della luce o quelle nuove radiazioni, di cui fra poco terrò parola. Si comprende poi in tal modo, come quelle influenze esterne debbano modificare i fenomeni della scarica elettrica, e così pure come si sia potuto arrivare a spiegare svariati fenomeni, e mettere in luce certe relazioni fra essi esistenti, che prima neppure si sospettavano.

È evidentemente impossibile figurarsi in ogni sua particolarità il movimento di un ione qualunque in un gas, mentre questo trasmette elettricità. Il ione in moto subisce naturalmente vicende svariate. Per un certo tempo esso potrà muoversi quasi esclusivamente sotto l'impero della sola forza elettrica dovuta alla presenza degli elettrodi; ma ben presto urterà altri ioni o molecole. In generale ciò

modificherà la direzione del movimento, e la velocità del ione; ma potrà accadere altresì che resti modificata anche la sua struttura in seguito a perdita o ad acquisto di atomi o di elettroni. Però vi sono due casi estremi nei quali per differenti motivi si stabilirà un certo ordine in questa condizione di cose eminentemente caotica e disordinata. Di essi non posso tacere, onde non lasciare troppa indeterminatezza intorno ad esperienze, cui ho già accennato di volo.

Uno di quei due casi si verifica quando la corrente elettrica attraversa un gas estremamente rarefatto. In questo caso il gas contiene elettroni negativi, e quelli fra essi che si liberano presso il catodo sono da questo fortemente respinti, e costituiscono i raggi catodici. Stante la estrema rarefazione del gas la maggior parte di tali elettroni può percorrere un lungo cammino rettilineo prima di deviare in seguito all'incontro di altre particelle. Altrettanto potrebbe dirsi per i *raggi positivi*, costituiti da ioni positivi creati dalle collisioni a qualche distanza dal catodo, e che si muovono velocemente verso di questo.

L'altro caso è quello delle scariche nella libera

atmosfera in certe condizioni speciali (scarica da punte, da fiamme, scariche in gas ionizzati da cause esterne, catodo colpito da radiazioni ecc.). Qui le collisioni fra atomi, ioni ecc. sono frequentissime in ragione della grande densità del gas. Ad ogni urto un ione perde in gran parte la non grande velocità acquisita sotto l'azione della forma elettrica dopo l'urto precedente, di guisa che esso si avvia subito dopo in una direzione pochissimo differente da quella della forza, ragione per cui nel loro complesso i ioni percorrono delle traiettorie generalmente curvilinee, che sensibilmente coincidono colle linee di forza.

In tal modo resta spiegato come tanto nel primo che nel secondo caso gli elettroni, o rispettivamente i ioni, assumano movimenti ordinati secondo linee rette o curve, e quindi come si producano naturalmente quelle ombre elettriche, intorno alle quali vi ho intrattenuto poc'anzi. E poichè le relative esperienze datano da quasi trent'anni, e pel caso delle ombre nell'aria alla pressione ordinaria il fenomeno era in sostanza fin d'allora correttamente interpretato, così senza peccare di presunzione posso dire, che si concepiva chiaramente in Italia

l'ufficio compiuto nella trasmissione della elettricità nei gas dalle particelle materiali elettrizzate, oggi chiamate ioni, ed era già a buon punto lo studio sperimentale dei loro movimenti, prima assai che al di là delle Alpi sorgesse quella ipotesi degli elettroni, che ha fatto oggi accettare ai fisici in modo definitivo una interpretazione identica a quella presentata sin da allora.

*
* *

Dovendo e volendo essere brevissimo, mi asterrò dal fare cenno di tanti altri fatti, di tante e tante esperienze di indole affatto differente da quella delle esperienze che ho descritto sin qui, che tuttavia conducono a conclusioni mirabilmente concordanti con quelle esposte. E si tratta non già di semplice accordo qualitativo, ma bensì di accordo numerico. Mi spiego con un esempio. Dalle misure eseguite col debito rigore sul fenomeno di Zeeman già citato, si può giungere ad una valutazione della massa degli elettroni, alle cui vibrazioni si attribuisce la origine della luce emessa da un gas. Ebbene, il valore al quale per tal via si giunge, si accorda

in modo soddisfacente con quello desunto dalle misure eseguite sui raggi catodici.

Sempre per economia di tempo non posso maggiormente addentrarmi nei dettagli circa le nuove interpretazioni che oggi, prendendo per base la teoria degli elettroni, si danno, sia dei fenomeni, lo studio dei quali appartiene nettamente alla fisica, sia di altri, che a rigore sono di pertinenza di altre scienze; ma non posso a meno di insistere qualche poco ancora sulla diversità fra i precedenti e gli odierni concetti direttivi, ciò che mi permetterà di mettere in luce il punto nel quale questi ultimi possono sembrare vulnerabili.

È noto da gran tempo, ed è per quanto sia umanamente possibile dimostrato, che un corpo qualunque deve imaginarsi costituito da molecole distinte, lontane fra loro, e dotate di speciali movimenti, l'energia dei quali si accresce quando si eleva la sua temperatura; e che tali molecole altro non sono che aggregati di atomi, o tutti eguali, o di diversa natura, secondo che si tratta di un corpo chimicamente semplice o di uno composto. Questi atomi vennero prima d'ora considerati come unità indivisibili, a tenore della denomi-

nazione loro. Invece secondo le nuove idee l'atomo a rigore non meriterebbe più il suo nome, poichè è perito il dogma della sua indivisibilità. Prima che sorgesse la teoria degli elettroni nessuno avrebbe osato proclamarlo.

Del pari nessuno allora avrebbe forse pensato all'esistenza di altri gradi o stadii di aggregazione oltre alle molecole e, credo debbasi aggiungere per i solidi, agli elementi cristallini. Oggi invece si propende ad ammettere l'esistenza d'ogni grado di complessità nelle strutture formate da elettroni.

Ciò è ancora un risultato dello studio che si va continuando sui movimenti assunti dai ioni, allorchè su di essi si fanno intenzionalmente agire forze esterne elettriche o magnetiche. È appunto con simili mezzi che, come si arrivò alla determinazione della massa degli elettroni, si giunge a valutare quella dei ioni. In certi casi, e precisamente quando si esperimenta coi raggi positivi in un gas rarefatto, la misura delle deviazioni subite dai ioni in moto costituisce un metodo d'analisi recentemente creato dal Thomson, un metodo cioè che permette di determinare con sicurezza la natura chimica dei ioni stessi. Quando si tratta invece di

ioni in gas a notevole pressione, si trovano risultati, i quali dimostrano l'esistenza di ioni dotati di massa considerevole, la cui complessità è, forse a qualsiasi grado, intermedia fra l'atomo e un vero corpo. Se ne ha un esempio anche nei granuli delle soluzioni colloidali, che il metodo d'osservazione ultramicroscopico rende visibili, e che possono dirsi veri corpi di dimensioni piccolissime, quantunque conservino in parte almeno i caratteri dei ioni.

La permanenza delle strutture atomiche o molecolari implica l'esistenza di certe forze. Si tratta indubbiamente di forza elettrica nel caso dei ioni di grande massa, poichè vanno considerati come formati da un atomo elettrizzato e da atomi o molecole da quello attratti elettricamente. Si ritiene fermamente, d'accordo colla teoria elettrochimica, che l'affinità chimica, che mantiene fra loro uniti i ioni di diversa natura in una molecola composta, non sia altro che la loro reciproca attrazione elettrica; e vi è modo di concepire come forze elettriche le altre forze molecolari, come la coesione. Infine, la più universale e la più misteriosa delle forze naturali, la gravitazione, sembra essa pure potersi ricondurre a quell'unica origine.

Per tal modo, mentre che nella nuova Fisica da una parte tendono a sparire o quanto meno a divenire meno assoluti e recisi i confini fra atomo e corpo, d'altra parte si raggiunge una ideale semplicità rispetto alle forze che entrano in giuoco nei più svariati fenomeni. Si comprenderà dunque facilmente come, una volta ammessa l'esistenza dell'etere e quella degli elettroni, ciascuno dei quali potrebbe forse considerarsi come una incognita modificazione dell'etere stesso irradiante intorno ad un centro, ed ammessa infine come carattere distintivo e fondamentale degli elettroni (allo stesso titolo con cui si assume l'inerzia come carattere distintivo della materia) l'esistenza delle loro forze reciproche, si comprenderà, dico, come con tali punti di partenza sia possibile arrivare a rendere conto d'ogni fenomeno. Se i concetti fondamentali ammessi in passato ci sembravano più accettabili, forse in grazia d'una lunga consuetudine, i nuovi presentano indubbiamente il vantaggio di una maggiore semplicità, in quanto richiedono due sole entità incognite fondamentali, ed a questo titolo meriterebbero già la nostra preferenza.

Ed è a questo punto che occorre segnalare il

loro lato debole o quello che fu per un certo tempo considerato tale. Stando a ciò che fin qui sono andato esponendo, i nuovi principi fondamentali non appariscono forse un poco fantastici od almeno soverchiamente arditi?

La domanda merita senza dubbio risposta affermativa. Aggiungo anzi, che tale prudente giudizio sarebbe diviso ancora dalla maggior parte dei fisici, se una ulteriore scoperta, la quale per un momento sembrò, a qualche timido o superficiale studioso, di tal natura da sconvolgere da cima a fondo l'edificio della scienza, non fosse giunta, direi quasi miracolosamente a tempo, per consolidare la grande sintesi filosofica che ho cercato di delineare. Alludo alla scoperta della radioattività.

***

Quando il compianto Becquerel scoprì, che l'uranio e tutti i corpi composti che lo contengono, emettono continuamente certi raggi, capaci di attraversare ogni sostanza, quelle opache comprese, e dotati di singolari proprietà, come quelle di ionizzare i gas ed i liquidi, di eccitare in certi corpi una

luminosità o fosforescenza, di agire sui preparati fotografici ecc., egli dischiuse ai fisici un nuovo vasto campo d'indagine, che, coltivato con mirabile ardore, ha dato origine in brevissimo tempo ad un nuovo ed interessantissimo ramo di scienza.

Si comprese immediatamente, che la proprietà radioattiva è inerente agli atomi, giacchè essi la conservano assolutamente inalterata allorchè entrano a far parte delle molecole di un composto. Si riconobbe poi dopo poco la stessa proprietà in altre sostanze, come il torio, ed inoltre si trovarono nuovi elementi i quali, come il radio scoperto dalla signora Curie, la manifestano ad un grado elevatissimo, mentre d'altra parte si acquistò la convinzione che, ad un grado differente, essa appartenga a tutti quanti i corpi esistenti.

Studiando poi il fenomeno in sè stesso si è in modo perentorio dimostrato, che i raggi emessi non sono di una, ma generalmente di tre specie diverse, e cioè: o sono dovuti ad emissione di ioni positivi velocissimi, capaci di attraversare ogni corpo, e perfino dei solidi se abbastanza sottili, eminentemente atti a ionizzare, e la cui energia di moto, trasformandosi parzialmente in calore in

causa degli urti sulle molecole della sostanza radioattiva stessa, dà origine a quel fatto, il cui annuncio destò tanta meraviglia, dell'essere sempre la detta sostanza a temperatura più alta di quella dell'ambiente; o sono dovuti ad emissione di elettroni negativi, dotati di velocità poco minori della velocità della luce e di un potere penetrante anche più grande di quello dei raggi precedenti, eminentemente atti ad eccitare la luminosità e le azioni fotografiche; o infine constano di una radiazione della stessa natura di quella dei raggi di Röntgen, dotata di un potere di penetrazione così considerevole, da potere attraversare grossi strati di solidi assai densi, come il piombo.

I raggi delle due prime specie sono dunque rispettivamente simili ai raggi positivi ed ai raggi catodici, che si producono, gli uni e gli altri come oramai sappiamo, durante il passaggio dell'elettricità in un gas rarefatto; quelli della terza specie si considerano, per potenti ragioni e ad onta di qualche contrario parere, come costituenti un fenomeno analogo, salvo la periodicità, al fenomeno della luce. Come i raggi X, questi raggi della terza specie si producono cioè, allorquando degli elettroni

in rapidissimo moto vengono d'un tratto arrestati, o più generalmente quando per un motivo qualunque la loro velocità subisce una brusca variazione.

Ma, ciò che ha evidentemente una importanza grande pel mio assunto, l'emissione dei raggi, secondo una geniale intuizione del Rutherford, che ha ricevuto già innumerevoli conferme sperimentali, è accompagnata dalla creazione di atomi nuovi, cioè d'una nuova sostanza avente caratteri fisici e chimici differenti da quelli della sostanza radioattiva che la produce. Questa sostanza nuova è il più delle volte assai radioattiva essa pure, di guisa che essa alla sua volta ne crea una terza e così via, con questa notevole particolarità finora sempre verificatasi, che i pesi atomici di quelle sostanze sono successivamente decrescenti. Anzi si è in vari casi verificato, che il peso atomico di ogni nuova sostanza è di quattro unità inferiore a quello della sostanza madre, se questa emette raggi della prima specie. È ovvia l'interpretazione di questi fatti: l'atomo della sostanza nuova è ciò che resta dell'atomo della sostanza madre, dopo che ha perduto degli elettroni e dei ioni, generalmente uno di questi.

L'energia interna agli atomi, rivelata dai fenomeni radioattivi, è veramente enorme. Infatti, benchè sia sempre assai piccolo l'eccesso di temperatura che presenta un sale di radio rispetto all'ambiente in cui è collocato, esso è assai notevole se lo si confronta all'esigua quantità di sostanza adoperata. Se si possedesse una massa compatta di quel corpo radioattivo, non già di qualche milligrammo, ma assai più considerevole, il calore che in esso si svolge potrebbe riscaldarlo sino alle più alte temperature, in conseguenza della circostanza, che crescendo la superficie del corpo meno rapidamente del peso, il calore continuamente generato abbandona il corpo medesimo tanto più lentamente quanto maggiore ne è la massa. Per avere poi un'idea concreta dell'energia esistente negli atomi del radio, e da essi messa in evidenza nell'atto della loro disaggregazione, basterà sapere, che il calore emesso in un'ora dal radio basterebbe per riscaldare da zero a cento gradi un egual peso di acqua. Si può aggiungere che da tre a quattro grammi di radio contenuti in ogni metro cubo della massa solare sarebbero sufficienti per sopperire alla continua emissione di energia che ha luogo dal sole.

Un esempio immediato di trasformazione d'un atomo in un altro differente, si ha da ciò, che con altissimo grado di certezza si sa essere i ioni positivi formanti la prima delle tre specie di raggi, non altro che ioni di *elio*, di quel gas cioè che, prima d'essere rinvenuto sulla terra e nella sua atmosfera, si era imparato a conoscere per la sua presenza nel sole, da cui trasse il proprio nome. Essendo 4 il peso atomico dell'elio, resta spiegata la successiva diminuzione di 4 unità nel peso atomico dei prodotti di trasformazione del radio, ritenendo che ogni atomo che si disaggrega abbandoni un atomo di elio. E per dare un secondo esempio aggiungerò, che il primo prodotto di trasformazione del radio è un gas, che fu chiamato *emanazione del radio*, e che oggi è perfettamente definito come qualunque altro elemento, conoscendosene il peso atomico e le principali proprietà fisiche.

Già ripetutamente in varie epoche venne formulata l'ipotesi dell'unità di materia, secondo la quale gli atomi di tutti i corpi non sarebbero unità primitive indivisibili, ma bensì aggregati di unità minori tutte fra loro identiche. Col supporre, come si fa oggi, che gli atomi siano sistemi di elettroni,

si fa rivivere quell'antico concetto in una forma particolare, e col vantaggio, rispetto ai tempi andati, di avere oggi in favore di esso numerosissime prove indirette. Ma insieme all'ipotesi dell'unità di materia si enunciò più volte l'altra, che della prima è quasi un corollario, della continua trasformazione o evoluzione della materia stessa. Anche questo concetto può dirsi rinato oggi; ma tale evoluzione viene concepita attualmente in una maniera completamente nuova. E precisamente si ritiene, non già che tutti gli atomi d'un corpo qualunque si modifichino lentamente e simultaneamente, per esempio abbandonando uno dopo l'altro gli elementi di cui sono costituiti, ma invece si pensa, che ad un dato istante avvenga una brusca disaggregazione di alcuni atomi con separazione di elettroni e di ioni, poi una simile d'altri atomi e così di seguito. Per tal modo una parte degli atomi presenti rimane integra mentre altri atomi si sono già una o più volte trasformati. Ogni corpo in via di trasformazione deve perciò considerarsi come un miscuglio della sostanza originaria e dei suoi successivi prodotti di trasformazione.

È poi degno di speciale menzione il fatto della

emissione di ioni di elio, giacchè fa pensare, che atomi di tale sostanza esistano già formati a far parte degli atomi di alcuni corpi, o almeno di quelli dei corpi radioattivi. Sembra dunque che fra atomi assai complessi ed elettroni liberi ed isolati possano considerarsi varii stadii intermedi di aggregazione e quindi atomi di vari ordini.

Partendo dalla premessa, che la quantità di sostanza che si disaggrega in un dato tempo, per esempio in ogni minuto secondo, è proporzionale alla quantità totale della sostanza che si prende in considerazione (ciò che è quasi una verità di per sè evidente), e misurando la disaggregazione per mezzo della ionizzazione d'un gas prodotta dai raggi emessi, si sono potuti studiare i vari prodotti radioattivi, separarli in modo da potere poi esaminare i loro caratteri fisici e chimici, riconoscere che vi sono trasformazioni atomiche non accompagnate da emissione di raggi, altre durante le quali sono emessi o solo elettroni e raggi del genere dei raggi X, o solo ioni positivi, o in pari tempo le tre specie di raggi, e infine giungere ad importanti risultati quantitativi rispetto alla durata della vita dei vari corpi radioattivi. Così si è arri-

vati perfino a valutare con sufficiente approssimazione, quanti siano gli atomi, che in una nota quantità di una sostanza radioattiva si trasformano nell'unità di tempo, e per conseguenza quanto tempo debba trascorrere affinchè una data frazione di quella quantità, per esempio la metà, venga trasformata in sostanza nuova.

Così si è trovato, che occorrono dei milioni di anni perchè si trasformi per metà una massa di uranio, quasi duemila anni per una di radio, e 140 giorni circa per il polonio, il quale, considerato dapprima dalla signora Curie, che lo scoprì, come un nuovo ed indipendente elemento radioattivo, costituisce invece la settima o ottava generazione nella lunga discendenza del radio. Si comprenderà facilmente da questi numeri, come nei casi del radio e dell'uranio non vi sia speranza di constatare, neppure in capo al periodo d'una lunga umana esistenza, nessuna sensibile diminuzione di peso del corpo radioattivo.

Invece, fra le sostanze risultanti dalle successive trasformazioni di quei due corpi, nonchè di altri come il torio e l'attinio, ve ne sono alcune, la cui disaggregazione è più rapida di quella del polonio.

Per esempio, affinchè la metà della sostanza risulti trasformata occorrono tre giorni e tre quarti per l'emanazione gassosa del radio e meno di quattro minuti secondi per quella dell'attinio. Se con queste sostanze, che verosimilmente possedono una radioattività enormemente più grande di quella del radio, non si ottengono quegli effetti vistosi che potrebbero da esse aspettarsi in grazia della rapidità con cui si trasformano, ciò è dovuto alla circostanza che, distruggendosi rapidamente per trasformarsi in altre man mano che vengono generate, esse non possono esistere ad un dato istante che in quantità estremamente piccole.

Questi risultati dimostrano che, mediante i fenomeni provocati dai raggi emessi e particolarmente mediante gli effetti elettrici, si è in grado di scoprire l'esistenza e di studiare qualche proprietà di quantità di materia di una piccolezza tale, che l'immaginazione stenta a concepire, certo immensamente più piccole di quelle che lo spettroscopio, che pure ha una così meravigliosa sensibilità, può rivelare.

Quali più brillanti conferme potevano sperarsi in prò dei concetti esposti relativamente alla divisibilità e alla possibile trasmutabilità degli atomi?

Dirò di più: la radioattività, in base a quei concetti avrebbe potuto essere sino ad un certo punto preveduta. Infatti, se veramente ogni atomo contiene elettroni in rapido moto su orbite chiuse, ognuno di essi costituisce una vibrazione elettrica, che deve generare nell' etere delle onde elettromagnetiche. Queste trasportano continuamente parte della sua energia, e perciò le orbite degli elettroni debbono continuamente modificarsi. Potrà dunque giungere un momento in cui l' atomo diviene instabile, e da quell' istante, e forse anche prima quando intervenga un urto molecolare in opportune condizioni, l' atomo deve sfasciarsi bruscamente o esplodere: uno o più elettroni, uno o più ioni si lanceranno in ogni direzione in virtù della velocità già posseduta, mentre ciò che rimarrà del primitivo atomo potrà costituire un atomo novello. Certamente a tutto ciò non si era pensato prima della scoperta della radioattività; ma è ad ogni modo degno di rimarco questo accordo coi fatti di una previsione, che, se non fu fatta, era tuttavia logicamente possibile.

***

La Fisica d'oggi si potrebbe denominare la Scienza degli elettroni.

Non solo è con essi che si considera costituito l'atomo di ogni corpo, ma sono essi che messi in moto entro un corpo qualunque sia da soli, come sembra accadere prevalentemente almeno nel caso dei solidi, sia in parte a gruppi e precisamente in forma di ioni, come nel caso dei liquidi e dei gas, costituiscono la corrente elettrica, e dànno origine per tal modo a tutto l'immenso corteo di fenomeni a questa connessi. Le proprietà magnetiche di certi corpi sono pure una manifestazione degli elettroni, giacchè un atomo dovrà presentarle, qualora nelle orbite dei suoi elettroni predomini una conforme orientazione. Sono infine gli elettroni che generano vibrando quelle onde elettromagnetiche propagate dall'etere, che chiamiamo onde luminose quando la loro frequenza è tale da eccitare la retina dei nostri occhi, e che in altri casi chiamiamo ultra-violette o calorifiche, quantunque l'effetto calorifico

sia realmente il solo che esse sempre producono nei corpi che ne sono colpiti.

Quantunque si sia oggi pervenuti a questa sintesi dei fenomeni fisici, le ricerche future potranno svelare innumerevoli fatti nuovi, che, è a sperarsi, meglio determineranno quei concetti generici. È particolarmente in riguardo alla costituzione dei corpi, che i nostri concetti sono più vaghi ed incompleti; per cui la grande aspirazione della fisica futura sarà verosimilmente quella di raggiungere cognizioni di più in più complete e sicure su questo mondo di elettroni, che è il mondo degli atomi e in pari tempo quello dei corpi, ossia l'universo, e sulle strutture svariatissime prodotte da elettroni, atomi, ecc. Tutto fa prevedere che tale aspirazione venga grado a grado parzialmente soddisfatta, giacchè, a parte nuovi e per ora imprevedibili mezzi di azione, quelli dei quali già si è in possesso non hanno dato verosimilmente che una parte dei risultati attesi.

Uno dei più potenti mezzi attuali d'investigazione, l'esame della luce collo spettroscopio, con quell'istrumento cioè che, separando le radiazioni delle diverse frequenze, permette di studiarle

isolatamente, ha dato quei meravigliosi frutti, particolarmente nel campo della fisica celeste, che tutti ben conoscono, ed altri ne ha forniti in seguito; ma molti ancora ne riserba probabilmente per l' avvenire. Fra le più recenti scoperte dovute allo spettroscopio, oltre a quella di Zeeman, delle cui conseguenze ho già rilevato l' importanza, non posso esimermi dal citare quella dovuta a Stark, per mezzo della quale si coglie, per così dire, in fragrante l'emissione di luce per parte di particelle in moto; le quali, secondo diversi autori, sono molecole o ioni, più probabilmente ioni positivi appena formati o appena urtati, facenti parte di quei raggi positivi, che si producono, come i raggi catodici, durante il passaggio dell'elettricità attraverso gas molto rarefatti.

Anche gli effetti prodotti dal magnetismo sui vari corpi, e in particolare l' influenza da esso esercitata sulla propagazione della elettricità nei gas, sembrano appropriati allo scopo di ottenere utili indicazioni sulle strutture atomiche, specialmente se davvero gli atomi contengono elettroni in moto su orbite chiuse; anzi qualche buon risultato si è già ricavato da studi di questo genere.

Nessuno potrebbe prevedere oggi se e quali nuovi orizzonti si apriranno in avvenire davanti agli sperimentatori, giacchè, è bensì vasta la parte già coltivata del campo della Fisica, ma la parte tuttora da esplorare ha limiti che sembrano perdersi nell'estrema lontananza.

Ma dovremo noi aspettarci di vedere crollare in un futuro più o meno lontano l'edificio della nostra grande sintesi filosofica, con tanta fatica costruito? Le scoperte future renderanno forse inutili gli sforzi compiuti?

Qualunque siano per essere le future scoperte, esse devono trovare ogni scienziato, degno di questo nome, pronto ad accoglierle, libero da ogni presuntuoso apriorismo, quand'anche esse dovessero obbligarlo alla rinuncia di opinioni a lungo professate; tuttavia sembra assai verosimile, che i concetti direttivi oggi ammessi debbano restare nella loro sostanza inalterati. Se da una parte è saggezza il non mai dimenticare, che le ipotesi sono soggette a modificarsi e a perire, è d'altra parte sterile scetticismo diffidare di esse ad oltranza, e pensare che esse eternamente muteranno lasciandoci, dopo le lusinghe, delusi.

Un tale scetticismo appare ad ogni modo completamente ingiustificato quando, dall'esame delle vicende passate cerchiamo di formulare i presagi per l'avvenire. Infatti, se si scorre la storia della filosofia naturale si è piuttosto condotti ad una convinzione consolante, a pensare cioè che le cognizioni nostre vadano di più in più perfezionandosi. È vero che spesso esse sembrano oscillare intorno alla verità senza che si acquisti mai la certezza d'averla una buona volta raggiunta; ma le successive oscillazioni appaiono di ampiezza rapidamente decrescente. Valga, a giustificare questa asserzione, l'esempio delle ipotesi successivamente accolte sulla natura della luce. Quando l'ipotesi dell'emissione fu dimostrata insostenibile, si addottò la teoria ondulatoria di Fresnel, e questo costituì un cambiamento enorme nel nostro modo di concepire la natura dei fenomeni luminosi. L'adozione dell'odierna teoria elettromagnetica costituisce invece una lieve mutazione, giacchè essa rispetta quanto aveva di essenziale la teoria precedente.

In ogni modo è innegabile la immensa utilità scientifica delle grandi ipotesi e delle grandi sintesi filosofiche, di modo che debbono rispettarle e ser-

virsi di esse anche quegli utilitari, i quali non sentono l'acuto pungolo dell'infrenabile ed istintivo desiderio, che ci spinge a cercare le cause recondite dei fenomeni del mondo.

È alla ragionevole fiducia nelle nuove grandi ipotesi, è alla continua collaborazione di esse ai più severi metodi di ricerca sperimentale, è infine al sagace e prudente apprezzamento dei risultati dell'esperienza, che si devono gli immensi e rapidi progressi rinnovatori della Fisica, dei quali ho tentato di tracciarvi oggi un abozzo.

Mi direte voi se ci sono riescito.